621.13
L38s
cop. 1

SUPPRESSION

DES

APPAREILS DE DÉMARRAGE

DANS

UNE LOCOMOTIVE COMPOUND DE L'ÉTAT AUTRICHIEN

PAR

M. A. LAVEZZARI

Plusieurs de nos plus éminents collègues ont déjà traité, à la Société des Ingénieurs civils, la question des locomotives compound. Chacun d'eux nous a exposé avec une grande compétence leurs avantages et aussi leurs inconvénients; le procès n'en est donc plus à faire.

Le système compound est entré dès à présent dans la pratique, presque toutes les grandes Compagnies en font l'expérience, le temps seul pourra maintenant confirmer si la confiance que les premiers essais ont fait naître est justifiée.

Aussi n'entreprendrai-je pas de faire une étude de principe; il me suffit de rappeler les intéressantes communications faites à ce point de vue par MM. Mallet, Polonceau, Pulin, Lencauchez, etc.

Je me contenterai, prenant les choses au point où elles en sont aujourd'hui, de vous entretenir d'un détail de construction qui m'a paru intéressant et sur lequel je désire vous faire connaître les efforts faits à l'étranger dans la voie tracée par notre savant collègue M. Mallet. Je veux parler des appareils de démarrage; c'est un point très délicat et qui entre, je crois, pour beaucoup dans la réserve sur laquelle certaines Compagnies se tiennent encore à l'égard du système compound.

Les machines de ce genre qui ont été construites jusqu'à ce jour et qui ont été décrites, soit ici, soit dans des publications

54043

spéciales, possèdent un mécanisme de mise en marche qui nécessite de la part du personnel une surveillance plus étendue et plus active, quels que soient d'ailleurs les soins apportés à l'étude et à la construction des organes qui le constituent.

Le mécanisme de mise en marche se compose presque toujours d'appareils d'admission et d'interception de vapeur interposés entre les cylindres de haute et de basse pression; leur utilité découle des considérations suivantes.

Mise en marche d'une locomotive ordinaire.

Dans les machines ordinaires, la position des manivelles la plus défavorable au démarrage est celle pour laquelle le tiroir ferme l'introduction de la vapeur dans l'un des deux cylindres ; or, comme les commandes habituelles de distribution ne permettent, à peu d'exceptions près, qu'une admission maximum de 75 0/0, les manivelles sont à ce moment inclinées à peu près à 45°. C'est la situation représentée à la figure 1.

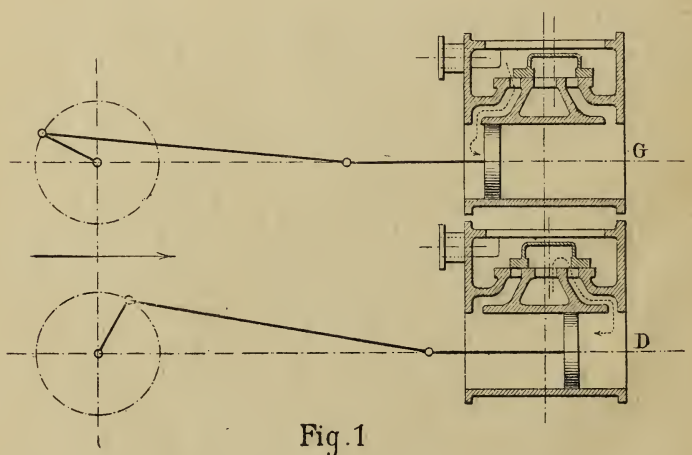


Fig. 1

Le tiroir de droite D vient de fermer l'introduction de la vapeur ; le piston est aux 3/4 de sa course environ. A gauche, au contraire, la vapeur exerce son effet, mais on voit sur la figure combien la manivelle correspondante est inclinée ; malgré les conditions défavorables de cette position qui, la pratique le démontre, se présente le plus souvent, le démarrage des machines ordinaires se fait parfaitement avec un seul piston.

Si on désigne par s la surface du piston, P la pression de la va-

peur, la pression totale exercée sur le piston est Ps, et l'effort tangentiel T est donné par une équation de la forme

$$T = KPs$$

dans laquelle le coefficient K renferme tous les facteurs susceptibles de modifier T suivant la position des manivelles.

Mise en marche d'une locomotive compound.

Si on veut que la mise en marche d'une locomotive compound s'effectue sans plus de difficulté que celle d'une machine ordinaire, il faudra que la force tangentielle ait pour valeur minima T = KPs dans une position semblable à celle que nous venons d'envisager, et qui est représentée figure 2.

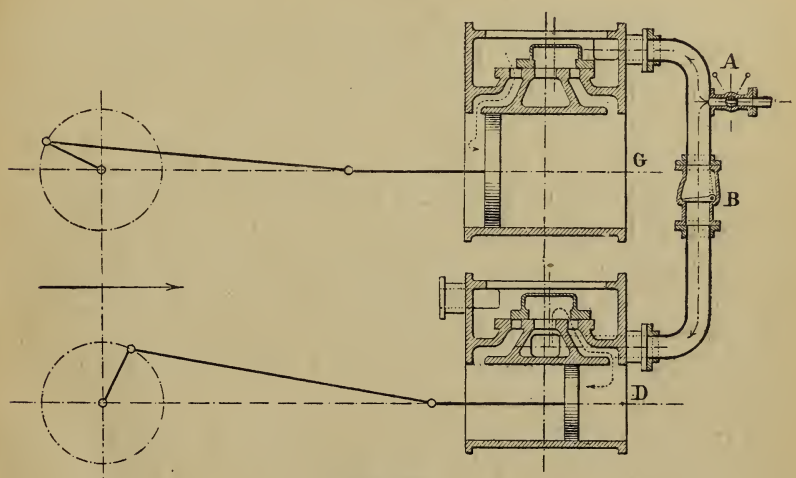


Fig. 2

Le tiroir du cylindre de haute pression D vient de se fermer, le piston ayant parcouru les 3/4 de sa course ; celui du cylindre de basse pression est au contraire ouvert. Pour que le démarrage s'effectue, il faut admettre dans le réservoir intermédiaire de la vapeur venant de la chaudière au moyen d'un robinet quelconque A, mais comme la surface S du grand piston est égale à environ 2,2s, la vapeur admise n'a besoin que d'une pression égale à $\frac{P}{2,2}$ pour produire le démarrage sous le même effort que dans la machine ordinaire.

Si on se bornait à introduire ainsi de la vapeur dans le réservoir intermédiaire, on ne pourrait obtenir le démarrage dans toutes les positions, car cette vapeur se répandant à droite et à gauche viendrait agir à contre-pression dans le petit cylindre, produisant un effort opposé au sens de la marche et exprimé par la relation :

$$T_1 = K_1 \frac{P}{2,2} s.$$

Dans cette équation, K_1 est différent de K et lui est supérieur en raison des positions respectives des manivelles ; l'effort réel de démarrage serait donc donné par la différence

$$T' = T - T_1 = (KS - K_1 s) \frac{P}{2,2}$$

dont la valeur numérique est inférieure de 50 0/0 environ à celle qui correspond au démarrage d'une machine ordinaire, et peut même devenir nulle dans les machines où l'admission maxima ne dépasse pas 68 à 70 0/0.

Pour empêcher la contre-pression de se produire, on dispose dans le réservoir intermédiaire une deuxième série d'appareils de fermeture B (clapet, soupape ou tiroir, etc.), interceptant toute communication avec le petit cylindre pendant la période d'admission directe au cylindre de basse pression ; ces appareils sont automatiques ou non, mais dans tous les cas ils doivent revenir au repos dès que la vapeur s'échappe pour la première fois du cylindre de haute pression.

En résumé, on voit par ce qui précède que le démarrage d'une locomotive compound exige généralement deux séries de robinets, la première pour permettre l'accès de la vapeur au réservoir intermédiaire, la seconde pour empêcher cette vapeur de faire retour au petit cylindre.

Les appareils les plus employés ont été décrits avec grand soin par MM. Polonceau et Mallet dans les communications qu'ils firent à la Société en 1889 et en 1890 ; je les rappellerai brièvement.

D'abord le système de M. Mallet, qu'il a modifié en 1884. L'admission de la vapeur directe au grand cylindre est commandée par un régulateur spécial et l'interception entre les deux cylindres est faite automatiquement par un clapet sous l'influence de la pression. Une disposition ingénieuse empêche le ballottement du

clapet dans chacune de ses positions. M. Mallet signale que la commande du mécanisme de mise en marche avec admission directe au grand cylindre pourrait être faite automatiquement de manière à toujours se produire au départ.

Dans le système de démarrage Borries on se contentait à l'origine d'ajouter à la vapeur qui passait du petit cylindre au grand une certaine quantité de vapeur directe distribuée au moyen d'un orifice spécial percé dans le tiroir du régulateur; mais lorsqu'on voulut appliquer ce système à de fortes machines on fut obligé d'ajouter la valve interceptrice entre les deux cylindres.

M. Worsdell remplace dans ses machines les soupapes d'interception par des clapets à charnière.

Je citerai encore les appareils Lapage, Urquhart, Henschel basés sur le même principe et décrits par MM. Polonceau et Mallet.

M. Lindner, ingénieur des chemins de fer saxons, a cherché à supprimer les deux jeux de soupape. A cet effet il envoie la vapeur directe dans le réservoir intermédiaire au moyen d'un robinet manœuvré automatiquement par la barre de changement de marche et disposé de manière à ne livrer passage à la vapeur que quand l'admission dans un sens ou dans l'autre atteint 72 0/0.

Mais le point le plus particulier de ce système réside dans la façon dont il détruit l'effet de la contre-pression. Un orifice de 1 cm^2 de section environ est percé dans le tiroir du cylindre de haute pression de sorte que la vapeur arrivant du réservoir intermédiaire et agissant dans le sens opposé au mouvement pénètre dans le cylindre et exerce également sa pression sur l'autre face du piston; il y a donc équilibre dans ce cylindre.

L'inconvénient de cette disposition est qu'il faut un certain temps pour réaliser l'équilibre et souvent le mécanicien pressé de démarrer préfère recourir à un changement de marche pour modifier la position des bielles.

Je ne veux pas terminer la nomenclature des divers systèmes de distribution sans dire quelques mots des belles machines à grande vitesse de la Compagnie du Nord et de celles de la Compagnie P,-L.-M.

Dans les nouvelles machines du Nord, M. du Bousquet, ingénieur en chef du matériel et de la traction, qui en a dressé les plans, a apporté un soin tout particulier dans l'étude du système de démarrage. Il faut dire que le but qu'il s'est proposé n'était pas seulement d'assurer un démarrage très rapide, mais aussi de permettre de rendre les deux groupes de cylindres de haute et de

basse pression indépendants à volonté. On peut ainsi faire marcher les locomotives en compound ou en machines ordinaires; bien plus, si une avarie survient en cours de route à un des groupes de cylindres, on peut achever le trajet en ne se servant que de l'autre. Ce cas s'est déjà présenté plusieurs fois et la machine a pu continuer sa route sans retard sensible.

J'ai eu la bonne fortune, grâce à l'obligeance de M. du Bousquet, de faire plusieurs voyages sur ces machines, et j'ai pu constater que, dans la majorité des cas, le démarrage s'effectue parfaitement sans que le mécanicien soit obligé de recourir à l'emploi de la vapeur directe dans les cylindres de basse pression.

L'admission de la vapeur dans le réservoir intermédiaire se fait au moyen d'un robinet commandé par un volant placé au-dessus du grand volant qui règle la distribution. La fermeture de la communication entre les cylindres de haute et de basse pression ainsi que l'échappement direct de la vapeur du petit cylindre sont obtenus au moyen d'un robinet à trois voies manœuvré sans effort par un petit piston faisant fonction de servo-moteur et dont la commande est également placée à proximité du volant de changement de marche. Enfin la seule manœuvre de deux cliquets fixés à ce volant permet de rendre solidaires ou indépendantes les commandes de distribution des deux groupes de cylindres.

On voit donc que, dans l'étude de cette machine, on s'est placé à un point de vue un peu spécial, l'indépendance complète des deux groupes de cylindres, sans trop s'attacher à diminuer le nombre des organes confiés au mécanicien.

Les machines du P.-L.-M. ont dans leur ensemble quelque analogie avec les précédentes. Mais les commandes de changement de marche n'ont pas la même indépendance, l'arrivée de vapeur au réservoir intermédiaire est obtenue par un robinet spécial que manœuvre le mécanicien. Une soupape de sûreté à ressort empêche la pression d'y monter au delà de 6 *kg*, la section du robinet et celle du tuyau sont d'ailleurs en rapport avec celle de la soupape de manière que celle-ci suffise dans tous les cas à maintenir la pression au-dessous de la limite fixée.

J'aurais voulu donner une description plus détaillée de ces locomotives si je n'avais craint de sortir du cadre modeste que je me suis imposé; d'ailleurs n'ayant pas eu la chance de voyager sur ces machines, je ne pourrais que répéter ce que nos collègues trouveront dans l'article publié par M. Baudry, Ingénieur en chef du

matériel et de la traction du P.-L.-M. dans le numéro d'avril 1893 de la *Revue Générale des Chemins de fer*. Ils y trouveront en particulier une étude très intéressante sur les tubes Serve qui complète la communication que nous a faite M. Keromnès au mois de juillet dernier.

Je tiens encore à ajouter que, dans ces machines, la tôle d'acier a remplacé le cuivre dans la construction des foyers. C'est la seule application que je connaisse en France de ce mode de construction assez employé en Amériqne et sur lequel il est, je crois, encore difficile de se prononcer.

Si le problème de l'indépendance des deux groupes de cylindres qui a été résolu dans les machines du Nord est intéressant, surtout pour les machines à très grande vitesse circulant sur des voies très encombrées, il n'est peut-être pas toujours de toute nécessité de l'aborder, ce qui permet de réaliser des économies et surtout des simplifications importantes dans la construction.

Aussi en se plaçant au simple point de vue du démarrage, faut-il reconnaître que c'est justement parce que les appareils destinés à le faciliter servent rarement qu'il est intéressant de les simplifier ; il est, en effet, un peu paradoxal de combiner des dispositifs dont la meilleure qualité soit de ne jamais servir. C'est cette considération qui m'a fait trouver intéressante au moins la disposition employée sur une machine de l'État autrichien dans le but de les supprimer entièrement.

M. Mallet, à la fin de sa remarquable étude sur les appareils de démarrage, se montrait peu favorable à l'emploi des appareils automatiques, et il faisait remarquer avec beaucoup de raison que pour assurer leur fonctionnement régulier on était obligé d'y adjoindre des mécanismes de sûreté qui les rendaient bien plus compliqués que les appareils non automatiques.

Le dispositif que je vais décrire, breveté par M. Goelsdorf, paraît échapper à cette critique, car il exclut toute espèce de robinet ou valve et, par conséquent, ne peut entraîner à l'emploi d'aucun appareil auxiliaire de sécurité.

Il a, par contre, l'avantage de supprimer dans le réservoir intermédiaire les organes de fermeture dont la surveillance est assez difficile et qui peuvent donner lieu à des fuites dont on ne s'aperçoit que quand elles deviennent très importantes et qu'elles ont déjà causé pendant un certain temps des pertes sensibles de vapeur.

J'ai essayé plus haut de montrer successivement comment le

démarrage conduisait à l'emploi de deux séries de valves, je vais maintenant employer la même marche pour montrer comment on peut s'en passer.

Suppression des valves d'interception.

Il devient inutile d'adopter un mécanisme spécial d'interception dès que la commande de distribution est modifiée de telle façon que la vapeur puisse être admise dans les cylindres pendant la presque totalité de la course du piston ; c'est ce qui se voit sur la figure 3 qui représente une distribution permettant une admission de 94 0/0.

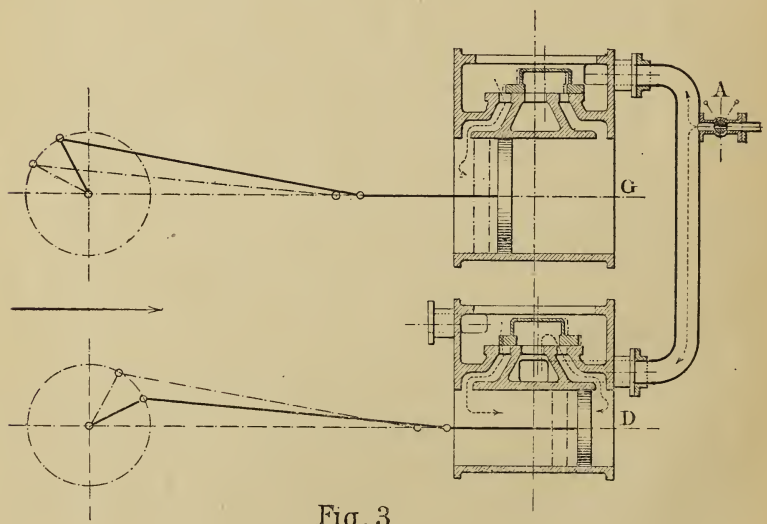


Fig. 3

Si on considère le démarrage dans les conditions ordinaires étudiées plus haut, c'est-à-dire les manivelles occupant des positions voisines de 45° (position figurée en pointillé) les deux tiroirs sont ouverts à l'introduction de vapeur et la force tangentielle qui produit le démarrage est donnée par l'expression suivante :

$$T'' = KS\frac{P}{2,2} - K_1 s\frac{P}{2,2} + K_1 sP,$$

valeur qui est supérieure d'environ 60 0/0 en chiffres ronds à la valeur tangentielle minima développée dans une machine ordi-

naire ou dans une machine compound munie d'un appareil de mise en marche fonctionnant régulièrement.

Si le démarrage doit se faire dans une position pour laquelle l'introduction de la vapeur dans le cylindre de haute pression est fermée (position figurée en trait plein) on sera dans la position la plus défavorable et la force tangentielle aura pour valeur :

$$T'''_{min} = K_2 S \frac{P}{2,2} - K_3 s \frac{P}{2,2}.$$

Mais en raison de la situation des manivelles dans ce cas, K_2 est sensiblement égal à 2 K et K_3 à $\frac{K}{2}$.

On peut donc écrire avec une approximation suffisante :

$$T'''_{min} = 2KS \frac{P}{2,2} - \frac{1}{2} Ks \frac{P}{2,2}$$

qui est encore supérieur à l'effort de démarrage des machines ordinaires.

Ce cas étant le plus défavorable, on voit que, comme je le disais plus haut, avec un mécanisme permettant une admission de 94 0/0, l'effet de la contre-pression est négligeable et que, par conséquent, la valve d'interception est inutile.

Mais il ne faut pas perdre de vue qu'une distribution permettant une aussi grande admission doit être établie de manière que, dans la position moyenne, on puisse atteindre, pour de faibles efforts, une admission ne dépassant pas 14 à 15 0/0.

La commande du système Heusinger qui se trouve représentée Planche 95 répond à ce programme ; elle tient cette propriété du rapport favorable qui existe entre la longueur utile de la coulisse et la longueur du bras oscillant.

Ce mécanisme a, en outre, l'avantage de comporter de grandes lumières et une grande rapidité d'ouverture et de fermeture des conduits de vapeur.

Suppression de la soupape d'admission au réservoir intermédiaire.

Nous avons vu que, pour introduire la vapeur vive dans le grand cylindre, on s'est servi jusqu'ici de robinets ou soupapes reliés ou non à la commande de distribution. Mais si on remarque que ces robinets n'ont besoin d'être ouverts que lorsque l'on doit

développer les plus grands efforts et que, par conséquent, la commande de distribution est disposée pour l'admission maxima, on comprendra que l'on peut très bien suppléer à ces robinets par des orifices percés dans la glace même du tiroir du grand cylindre et disposés de telle façon qu'ils ne soient découverts que quand l'admission est supérieure à celle de la marche courante ; c'est ce qui est représenté aux figures 4, 5 et 6.

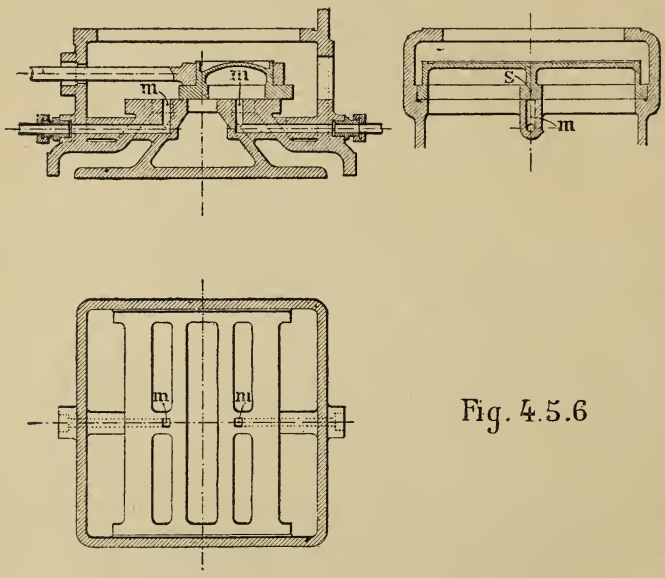


Fig. 4.5.6

Les orifices pour le passage de la vapeur vive sont désignés par la lettre *m*, ils sont généralement recouverts par la nervure *s* de la coquille du tiroir ; ils sont reliés par les tubes $E_1E_2E_3$ *(fig. 7)* au conduit de prise de vapeur.

Lorsqu'au moment de la mise en marche on ouvre le régulateur, la vapeur se répand au tiroir de haute pression et dans les conduits E_1E_2 pour s'échapper par celui des orifices *m* qui correspond au sens du mouvement.

La dimension de ces orifices doit être calculée de telle façon que la pression de la vapeur qui s'en échappe atteigne en une seconde environ une pression à peu près moitié de celle de la chaudière, ce qui correspond sensiblement à une section de 4 c^2.

Pour que la marche normale de la machine reste économique même dans le cas des plus grands efforts que l'on rencontre couramment en cours de route, les orifices *mm* ne doivent être dé-

couverts que quand l'admission dépasse 50 0/0 ; on ne peut donc pas reprocher à ce système d'obliger le mécanicien à se servir trop fréquemment de la vapeur directe.

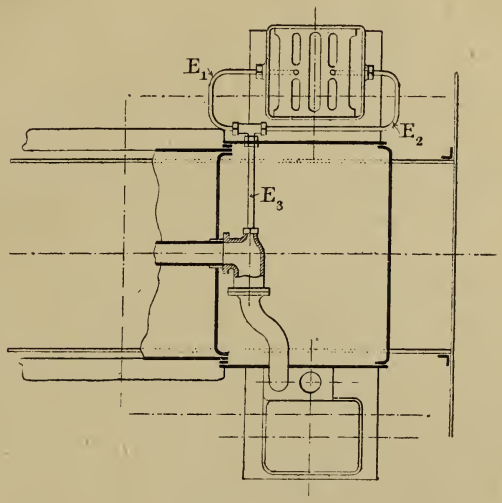


Fig. 7

Mais si la pression vient à baisser pour une raison quelconque (négligence du chauffeur, emploi de mauvais combustible ou par suite de mauvais temps) et si on se trouve obligé d'augmenter exagérément l'admission, les orifices se découvrent et une certaine quantité de vapeur vive vient relever la pression dans le grand cylindre, ce qui est une condition favorable.

Le diagramme de Zeuner d'une commande de distribution Heusinger construite sur ces principes *(Pl. 95, fig. 5)*, montre que les orifices se démasquent de 1,5 à 3 0/0 et ne se referment qu'à 85 0/0 de la course du piston, c'est-à-dire qu'ils sont ouverts pendant la presque totalité de la course et dans cet intervalle le démarrage par le grand cylindre est assuré. Cependant il se peut qu'à l'arrêt le piston de basse pression se trouve en dehors de ces limites, le démarrage sera fait par le petit piston seul, mais il sera encore certain, car dans ce cas la position de la manivelle de haute pression étant presque verticale, l'effort tangentiel sera maximum et il n'y aura aucune contre-pression, puisque les orifices *m-m* seront fermés.

Il résulte des explications précédentes :

1° Que l'adoption d'une commande de distribution donnant

plus de 90 0/0 d'admission rend inutile l'emploi des valves d'interception ;

2° Que l'introduction, interrompue en temps utile, de la vapeur vive dans le cylindre de basse pression peut s'effectuer sans l'intervention d'une soupape spéciale de mise en marche au moyen d'orifices percés dans la glace du tiroir.

L'ensemble de ces dispositions s'applique, du reste, indistinctement aux machines à deux ou à quatre cylindres.

Locomotives compound construites sans appareils de mise en marche.

La première locomotive compound sur laquelle ce principe a été appliqué est une machine à marchandises à deux cylindres des chemins de fer de l'État Autrichien *(K. K. OEster. Stadtsbahnen)*, construite dans les ateliers Wauer-Neustadt. *(Pl.95, fig. 1, 2, 3)*.

Cette machine est en service depuis la fin de janvier 1893, et elle a répondu à toutes les prévisions, au point de vue de la rapidité et de la précision du démarrage.

Je n'ai malheureusement pas encore reçu les chiffres officiels de la consommation de charbon, et je craindrais de commettre une indiscrétion en reproduisant des renseignements officieux, mais je puis dire que les résultats obtenus ont paru tellement en faveur du système compound que d'autres commandes ont été faites, et que sous peu de jours il y en aura déjà huit en service, et au commencement de 1894 il y en aura dix-neuf.

Cette machine compound, de la série 59, a la même chaudière que les machines ordinaires de la série 56, elle a cependant une puissance notablement supérieure.

Ainsi le poids maximum fixé pour la série 56 sur le parcours Purkersdorf-Reckawinkel, dont la longueur est de 13 *km*, avec rampe constante de 10 *mm* par mètre, est de 460 *t* de train ; avec la locomotive compound, on peut faire circuler sans difficulté sur le même parcours des trains de 570 *t*, tout en observant l'horaire.

Le tableau ci-dessous donne les dimensions principales des machines de ces deux séries.

	Série 56.	Série 59.
Diamètre des cylindres	0,450 *m*	H. P. 0,500 *m* B. P. 0,740
Course du piston.	0,632	0,632
Diamètre des roues motrices. .	1,290	1,290
Timbre	11 *hg*	12 *kg*
Tubes : nombre	186	186
— longueur.	4,165 *m*	4,165 *m*
— diamètre extérieur. . .	0,051 *m*	0,051 *m*
Surface de grille	1,80 m^2	1,80 m^2
Surface de chauffe du foyer. . .	8	8
— des tubes . .	124	124
— totale. . . .	132	132
Poids à vide	36 500 *kg*	37 200 *kg*
— en ordre de marche . . .	41 500	42 000
Commande de distribution. . .	Système Allan.	Syst. Heusinger.

Les diagrammes relevés sur la machine compound représentés figure 8 démontrent que le fonctionnement de la commande de distribution répond parfaitement au but recherché.

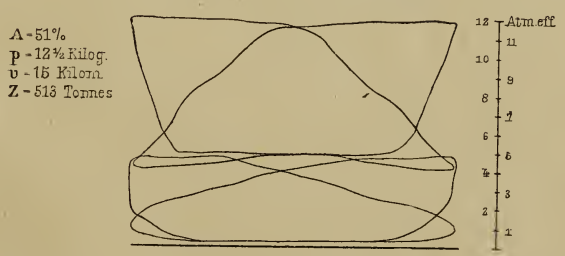


Fig. 8

Ils ont été relevés avec le même indicateur sur le parcours Purkersdorf-Reckawinkel avec une rampe de 10 *mm* et en remorquant un train de 513 *t*.

Le tuyau d'échappement était ouvert (148 cm^2) et la pression dans les chaudières variait de 12,5 à 13 *kg*.

Comme cette machine ne comporte aucun appareil spécial de mise en marche, la conduite en est exactement la même que celle d'une locomotive ordinaire; aussi, sauf une explication sommaire du principe compound, on n'a donné aux mécaniciens aucune

instruction spéciale : n'importe quel machiniste est donc en état de la conduire sans aucune difficulté.

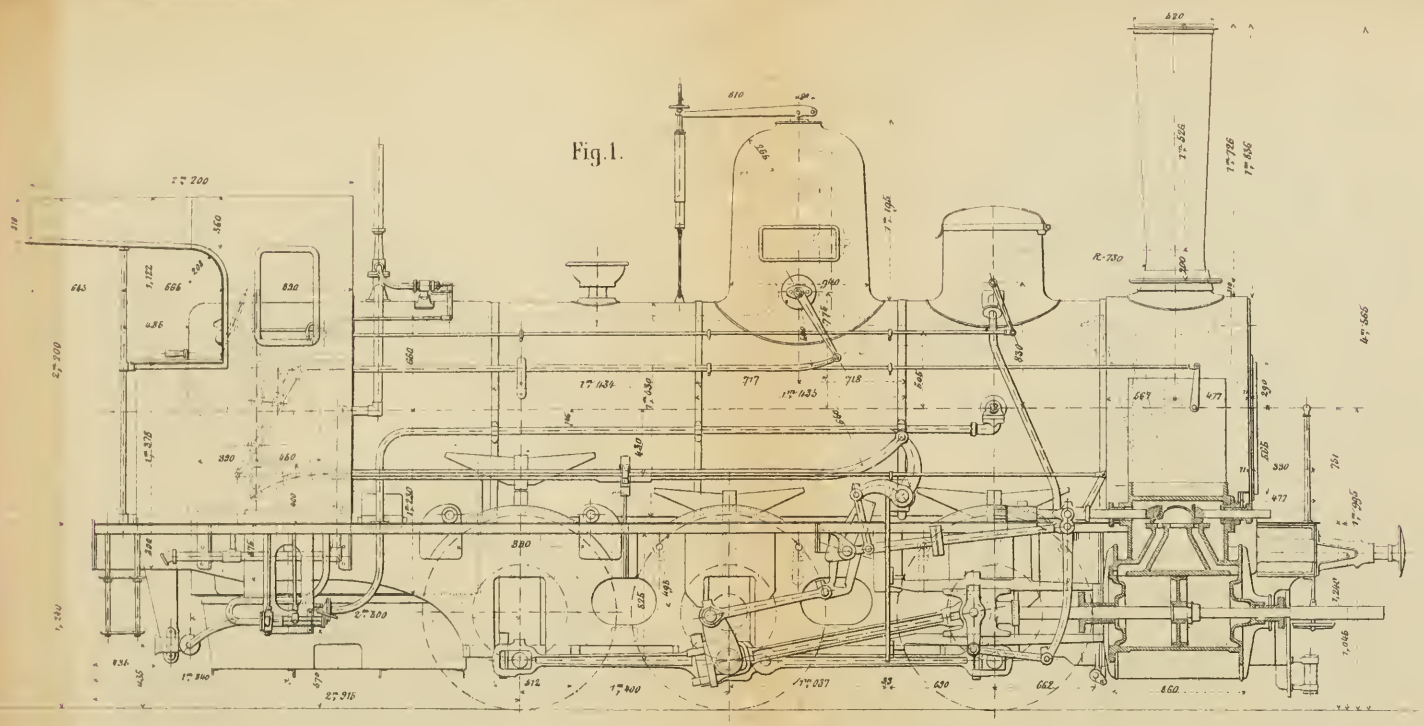
Le graissage des tiroirs et des pistons se fait à l'huile minérale, au moyen d'un appareil de graissage central, comme pour toutes les machines de l'État autrichien. Jusqu'à présent les tiroirs ont été démontés trois fois; les surfaces ont toujours présenté un aspect irréprochable et l'examen des orifices de la face du tiroir du cylindre de basse pression ainsi que de la nervure de ce tiroir, a démontré que la fermeture est absolument étanche jusqu'à l'admission de 50 0/0.

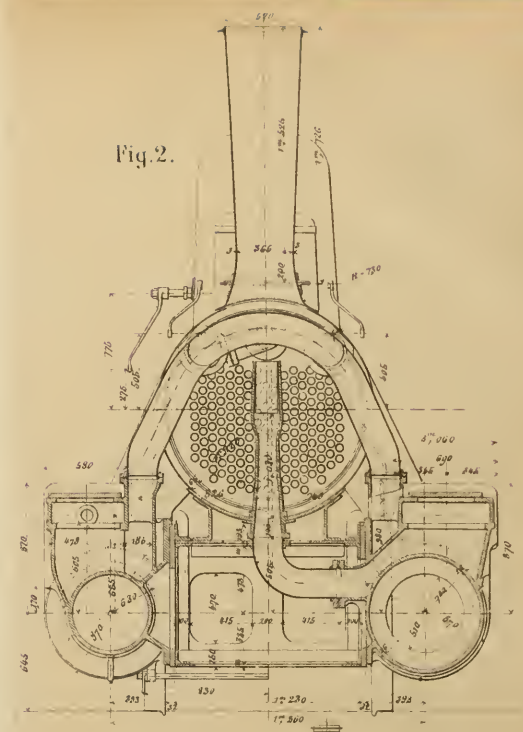
Même pour de grands efforts, 596 *t* sur rampe de 10 *mm*, la machine n'a pas cessé de marcher avec une pression de 12,5 à 13 *kg*. Le combustible brûlé était du charbon noir d'Ostrau (vaporisation de 6,5 à 7 fois son poids d'eau). On a également obtenu des résultats parfaitement satisfaisants sur ce parcours avec des trains de 540 *t* en employant du charbon brun de Dux.

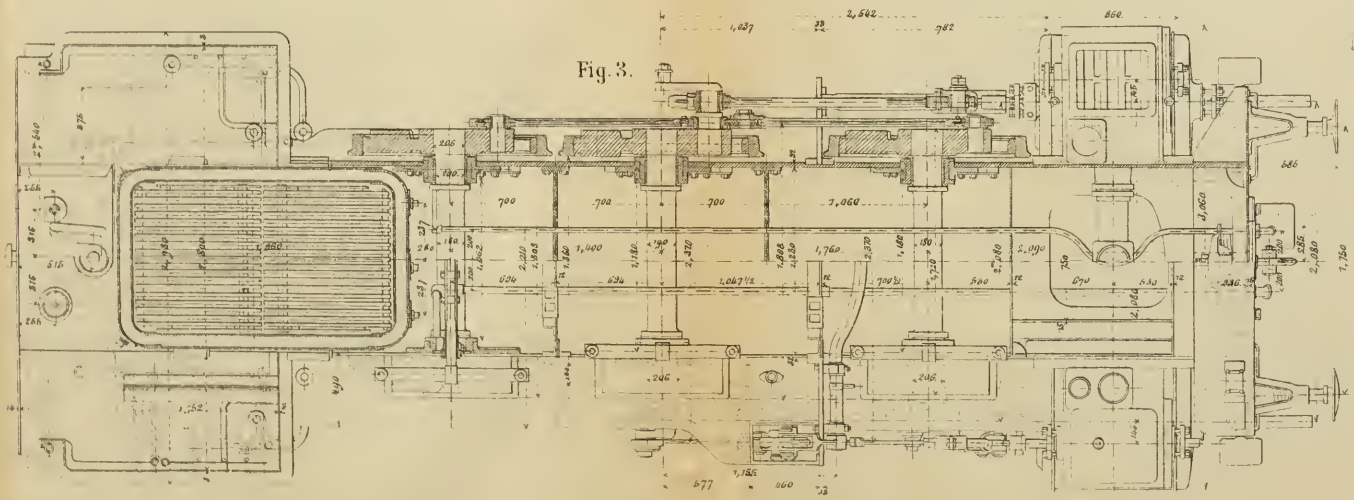
L'échappement à la cheminée est sensiblement plus doux que dans les locomotions prises comme type de comparaison. Il n'y a presque pas d'entraînement dans les tubes et les dépôts de cendres dans la boîte à fumée sont assez peu importants pour que le nettoyage ne soit nécessaire qu'après un parcours de 500 *km*.

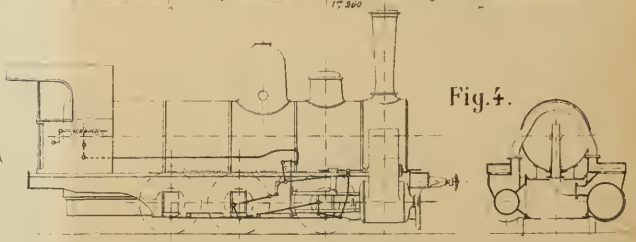
LOCOMOTIVE COMPOUND SANS APPAREIL DE DÉMARRAGE (Système GOELSDORF)

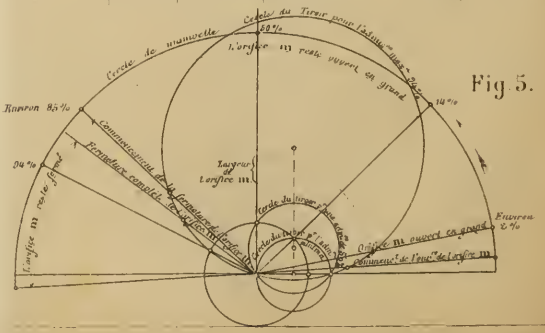
3 0112 059077948





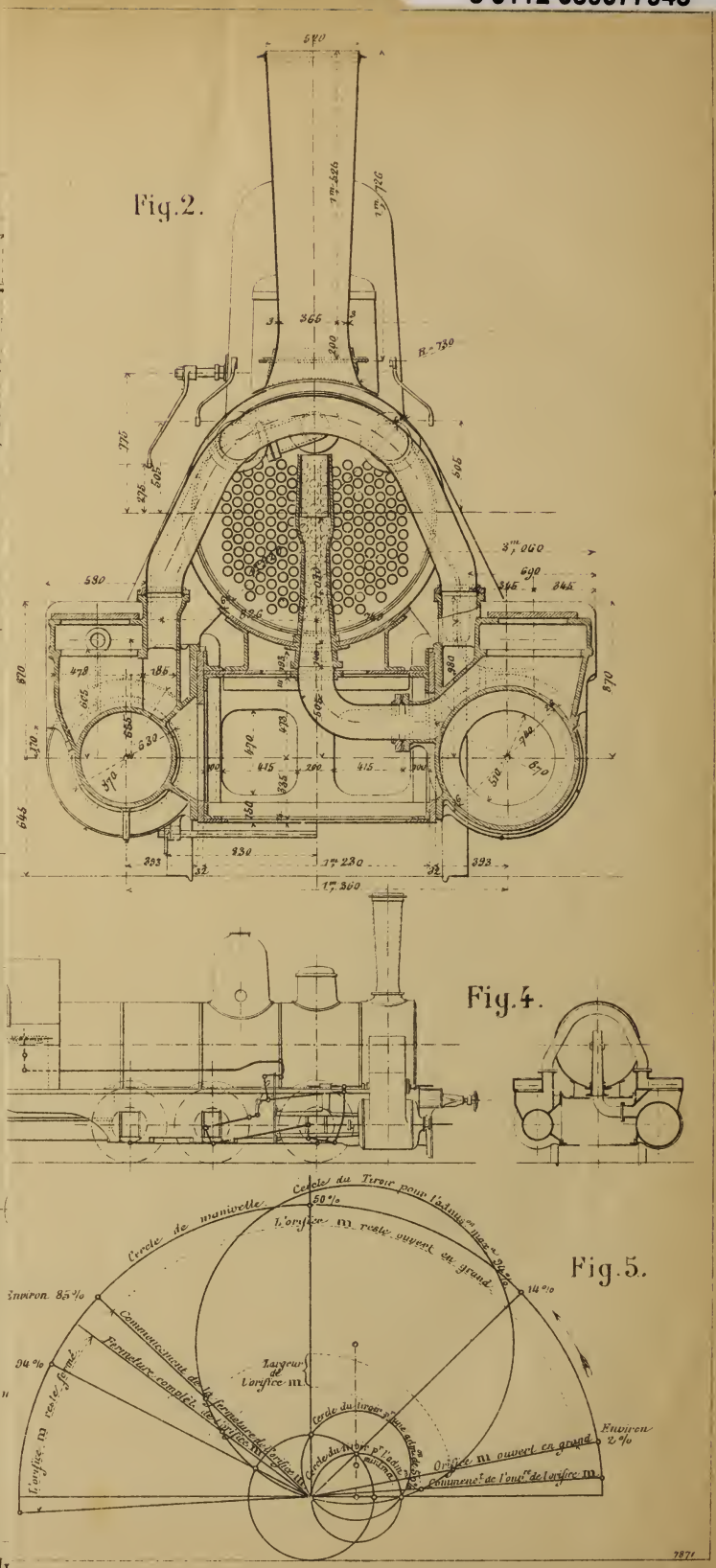






Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque Paris.

3 0112 059077948



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque. Paris.